



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE MARABÁ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

VEYRY BEATRIZ GONÇALVES BARRETO

**Estudo de Caso: Utilização de polímero catiônico como
auxiliar de coagulação no tratamento de água da Estação de
Tratamento da Nova Marabá-Marabá-PA**

Marabá - Pará
2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca II do CAMAR. UFPA, Marabá, PA

Barreto, Veyry Beatriz Gonçalves

Estudo de caso: Utilização de polímero catiônico como auxiliar de coagulação no tratamento de água da Estação de Tratamento da Nova Marabá-Marabá-PA / Veyry Beatriz Gonçalves Barreto ; orientador, Alacid do Socorro Siqueira Neves. — 2010.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Marabá, Faculdade de Engenharia de Materiais, Marabá, 2010.

1. Água - Purificação - Coagulação. 2. Água - Estações de tratamento - Marabá (PA). 3. Controle de qualidade da água. I. Neves, Alacid do Socorro Siqueira, orient. II. Título.

VEYRY BEATRIZ GONÇALVES BARRETO

Estudo de Caso: Utilização de polímero catiônico como auxiliar de coagulação no tratamento de água da Estação de Tratamento da Nova Marabá-Marabá-PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia de Materiais como exigência para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Alacid do Socorro Siqueira Neves

Marabá – Pará
2010

VEYRY BEATRIZ GONÇALVES BARRETO

Estudo de Caso: Utilização de polímero catiônico como auxiliar
de coagulação no tratamento de água da Estação de Tratamento
da Nova Marabá-Marabá-PA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia
de Materiais como exigência para obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Alacid do Socorro Siqueira Neves

Marabá – Pará, 09 de dezembro de 2010.

Prof. MSc. Alacid do Socorro Siqueira Neves
Orientador

Prof. Dr. Elias Fagury Neto

Prof. MSc. Clesianu Rodrigues de Lima

*Para meus pais e irmãos
Obrigada pelo apoio e dedicação.*

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força concedida.

A minha família que durante o curso me apoiou incondicionalmente em todos os momentos.

Aos amigos por entenderem o meu esforço e pela ajuda durante a elaboração desse trabalho.

Aos professores do curso da graduação pela dedicação em proporcionar ensino de qualidade.

Ao professor Alacid Neves por ter concedido seu tempo na orientação desse trabalho.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	HISTÓRICO DA EMPRESA	10
2.2	A ÁGUA NA TERRA	11
2.3	DISTRIBUIÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	12
2.4	A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	13
2.5	PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	14
2.5.1	Parâmetros Físico-Químicos	15
2.5.2	Parâmetros Biológicos	16
2.6	TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA	17
2.6.1	Policloreto de Alumínio (PAC)	20
2.6.2	Polímero	20
3	METODOLOGIA	22
3.1	REALIZAÇÃO DOS TESTES FÍSICOS EM LABORATÓRIO	23
3.1.1	Procedimento para Análise de Cor	23
3.1.1.1	Aparelhagem	23
3.1.1.2	Procedimentos	24
3.1.1.3	Leitura	24
3.1.2	Procedimentos para análise de turbidez	25
3.1.2.1	Aparelhagem	25
3.1.2.2	Procedimentos e Leitura	25
3.1.3	Procedimentos para análise de pH	25
3.1.3.1	Aparelhagem	25

3.1.3.2	Procedimentos e Leitura	26
3.2	APLICAÇÃO DE JAR-TEST UTILIZANDO POLICLORETO DE ALUMÍNIO E POLIACRILAMIDA CATIONICA	27
3.2.1	Preparo da solução de Coagulante (PAC) para Jar-Test	27
3.2.2	Preparo de solução de aditivo (Polímero)	27
3.2.3	Aparelhagem	28
3.2.4	Procedimentos e Leitura	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	37
	REFERÊNCIAS	38

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização ETA-Nova Marabá-Vista Aérea	22
FIGURA 2	Aparelho Água Tester	24
FIGURA 3	Turbidímetro	25
FIGURA 4	Aparelho digital com eletrodo para pH	26
FIGURA 5	Soluções para Jar-Test	28
FIGURA 6	Aparelho para Jar-Test	28
FIGURA 7	Gráfico comparativo de turbidez da água tratada dos meses de Outubro/2009 a Abril/2010.	31
FIGURA 8	Comparação da turbidez da água tratada com policloreto de alumínio e com policloreto de alumínio em conjunto com o polímero.	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- Padrão de aceitação para consumo humano.	14
TABELA 2	- Principais Produtos Químicos Utilizados no Tratamento da Água.	18
TABELA 3	- Etapas de realização da pesquisa	23
TABELA 4	- Métodos e equipamentos por determinação utilizados em laboratório	23
TABELA 5	- Qualidade da água bruta e da água tratada (média mensal) verificada em 6 meses.	30
TABELA 6	- Qualidade da água bruta e da água tratada (média mensal) em Abril e Maio	31
TABELA 7	- Jar-Test para turbidez 22.19 UT utilizando somente Policloreto de Alumínio.	32
TABELA 8	- Jar-Test para turbidez 22.19UT utilizando Policloreto de alumínio e o polímero catiônico;	32
TABELA 9	- Jar-Test para turbidez 20.35UT utilizando Policloreto de Alumínio	33
TABELA 10	- Jar-Test para turbidez 20.35UT utilizando Policloreto de alumínio e a poliacrilamida catiônica;	33
TABELA 11	- Jar-Test para turbidez 19.07UT utilizando Policloreto de alumínio	34
TABELA 12	- Jar-Test para turbidez 19.07UT utilizando Policloreto de Alumínio e polímero;	34

RESUMO

Os mananciais de águas superficiais sofrem modificações em suas características naturais devido a sua exposição ao ambiente e principalmente pela ação antrópica. Para manter a qualidade da água tratada, uma Estação de Tratamento de Água (ETA), pode passar por mudanças na sua estrutura física, como também nos produtos químicos utilizados. Um produto de grande importância é o agente coagulante. A escolha de um coagulante depende de alguns fatores como: características da água, oferta do produto no mercado, preço e eficiência no tratamento. Porém, às vezes, o coagulante não é suficiente para tratar a água. Este trabalho teve por objetivo testar a eficiência da Poliacrilamida Catiônica, um polímero que funciona como aditivo, em conjunto com o Policloreto de Alumínio no tratamento de água na Estação de Tratamento da Nova Marabá-Marabá-PA. Durante o desenvolvimento do estudo foi possível observar que os parâmetros analisados nas amostras apresentaram valores que justificam o uso do aditivo no processo de coagulação para se obter uma água de boa qualidade para o abastecimento de uma comunidade. No entanto, apesar de constar na literatura que o aditivo (Poliacrilamida Catiônica) tem como uma de suas principais funções baixarem o consumo de produto químico, os testes mostraram que a qualidade melhorou, mas a quantidade de coagulante permaneceu praticamente a mesma.

Palavras Chave: Tratamento de Água, Policloreto de Alumínio, Poliacrilamida.

1 -INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial a todas as formas de vida, impulsiona todos os ciclos e é o solvente universal. Assim como a vida depende da água, a saúde humana depende da sua qualidade, pois uma grande parte das doenças são relacionadas à ingestão de águas impróprias para o consumo humano.

Segundo Barros (2000) a demanda de água doce cresce continuamente no planeta. Como o volume dessa água é quase constante desde a formação do planeta, a disponibilidade de água doce acaba sendo cada vez menor. Além disso, um grande volume de água é desperdiçado pelo uso inadequado e os impactos ambientais crescentes causados pelo homem causam a perda da qualidade das águas dos rios, lagos e reservatórios.

Para manter a qualidade da água tratada, uma Estação de Tratamento de Água (ETA), pode passar por mudanças na sua estrutura física, como também nos produtos químicos utilizados. Um produto de grande importância é o agente coagulante. A escolha de um coagulante depende de alguns fatores como: características da água, oferta do produto no mercado, preço e eficiência no tratamento. O coagulante policloreto de alumínio vem sendo utilizado em larga escala nas ETAs devido sua qualidade e eficiência. Segundo Constantino e Yamamura (2009) vários são os produtos químicos orgânicos e inorgânicos comumente usados como aditivos de floculação, mas geralmente quando se usa o PAC não há necessidade de nenhum outro composto.

Este trabalho teve como objetivo mostrar que na estação de tratamento de água da Nova Marabá – Marabá - PA, sob a jurisdição da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), a utilização de um aditivo orgânico (polímero) em conjunto com o policloreto de alumínio (PAC) mostrou-se necessário para obter melhorias na qualidade da água e atender à portaria 518/04 do Ministério da Saúde, responsável pela padronização da água para consumo humano. Para tanto, foram realizadas análises físico-químicas de amostras de água *in natura*, amostras após o tratamento apenas com coagulante e amostras após tratamento com coagulante e aditivo. A ferramenta utilizada para ajuste de dosagens de coagulante e aditivo foi o aparelho de Jar-Test, por ser o método mais tradicional.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- HISTÓRICO DA EMPRESA

Em 1962, o Governador Aurélio do Carmo, visando a melhoria do abastecimento de água no estado cria o Departamento de Águas e Esgotos; e em 21.12.1970, o Governador Alacid da Silva Nunes sanciona a Lei nº 4336 substituindo o Departamento de Águas e Esgotos, pela Companhia de Saneamento do Pará – COSANPA, que ficou responsável pela expansão do sistema de abastecimento de água em todo o território paraense.

A COSANPA é dividida em Unidades de Negócios, as quais abrangem todas as regiões do estado do Pará. A UNITO-Tocantins é uma regional, que abrange a região sul e sudeste do Pará, compreendendo os municípios de Marabá, Breu Branco, Conceição do Araguaia, Itupiranga, Jacundá, Novo Repartimento, Redenção, Santa Maria das Barreiras e São Félix do Xingu.

O sistema que abastece Marabá começa no Rio Tocantins, onde a COSANPA mantém duas Estações Elevatórias de Água Bruta - uma na Marabá Pioneira, e outra na área da Nova Marabá, ambas na margem esquerda do rio. Nessas áreas acontece a captação da água que segue para as Estações de Tratamento de Água (ETA).

Na ETA a água passa por procedimentos físicos e químicos que eliminam qualquer tipo de contaminação, evitando a transmissão de doenças e tornando-a própria ao consumo humano. A ETA do núcleo pioneiro vai ser revitalizada e a do núcleo nova marabá teve sua capacidade praticamente duplicada, chegando a 3000m³/h, e ganhou as unidades de floculação e decantação. As estações da Nova Marabá e da Marabá Pioneira possuem um laboratório para análise e exames físico-químicos e bacteriológicos para avaliar a qualidade da água desde a captação até a distribuição.

A água é armazenada em reservatórios apoiados ou elevados - as conhecidas caixas d'água. A finalidade é manter a regularidade do abastecimento, mesmo quando

for necessário paralisar a produção para manutenção em uma das unidades do sistema, e atender a demandas extraordinárias, como as que ocorrem nos períodos de calor intenso ou quando se usa muita água ao mesmo tempo.

2.2- A ÁGUA NA TERRA

A água é e sempre foi essencial desde os primórdios da vida no planeta. Qualquer forma de vida depende dela para sua sobrevivência e desenvolvimento e dentre todas as substâncias existentes, só o oxigênio atmosférico é tão essencial à vida quanto a água (RAMOS, 2005).

Nos centros urbanos a água é utilizada para fins domésticos, comerciais, industriais, recreativos e de segurança. Todos esses aspectos são levados em consideração para abastecer uma determinada população em quantidade suficiente, porém, além do aspecto quantitativo, deve haver uma certeza de sua qualidade e potabilidade para o consumo humano (FREITAS, 2001). Apesar disso, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso através da diversificação de usos múltiplos: destruição de áreas alagadas, despejos de resíduos líquidos e sólidos em corpos d'água e destruição das matas, acarretando com isso a contínua deterioração e perdas elevadas na quantidade e qualidade da água (ALMEIDA, 2009).

De toda a água disponível na Terra, 97% se encontra nos oceanos. Do restante, aproximadamente 2,4% estão sob forma de geleiras e na atmosfera e 0,6% representa a água doce, distribuídas em 97% de forma subterrânea e 3% de forma superficial. Observa-se que apenas uma pequena porção é encontrada na superfície da Terra, em lagos, rios, na umidade do ar, no solo, em zonas úmidas e em plantas e animais. Todo o restante encontra-se em aquíferos subterrâneos, que estão sendo utilizados mais depressa do que consegue se recompor (ALMEIDA, 2009).

Para que haja a reposição desse recurso na natureza, a água está em constante movimentação. À essa movimentação, dá-se o nome de “ciclo hidrológico” que acontece através da transferência de água pela precipitação, escoamento superficial, infiltração, evaporação e transpiração (ALMEIDA, 2009).

O calor do sol evapora a água dos rios e oceanos. Na atmosfera esse vapor se condensa e precipita na forma de chuva. Essa água abastece a terra, os rios e os aquíferos. Além disso, essa precipitação reidrata o solo, os lençóis freáticos são formados e surgem na superfície através de nascentes que disponibilizam água para a vegetação terrestre e para todo o processo de manutenção dos sistemas biológicos (FREITAS, 2001).

De acordo com Barros (2008) o volume de água que evapora dos oceanos é cerca de 47.000 km³/ano maior que o fluxo que é precipitado nele. Esse valor excedente indica o volume de água que é transferido dos oceanos para os continentes durante a evaporação e a precipitação. A água retorna aos oceanos através do escoamento dos rios e fluxos subterrâneos e pela precipitação direta. Dessa forma, a quantidade total de água na Terra permanece sempre constante.

Segundo Almeida (2009), os principais rios e lagos da Terra são importantes reservatórios de água doce. Situados no interior dos continentes, estes reservatórios se encontram em grande quantidade no Hemisfério Norte. No Hemisfério Sul, o Rio Amazonas, considerado o rio mais importante do planeta, produz cerca de 16% da drenagem mundial.

2.3- DISTRIBUIÇÃO E DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

O planeta Terra dispõe de aproximadamente 1.386 bilhões de km³ de água e esse volume quase não muda, diferentemente da demanda. O principal problema relacionado à oferta e demanda de água doce é devido ao mesmo evento em todo o mundo: o crescimento demográfico associado a padrões de consumo não sustentáveis (ALMEIDA, 2009).

O crescimento populacional aumentou cerca de três vezes no século XX, enquanto a demanda de água mundial aumentou sete vezes, ou seja, passou de 580 km³/ano para aproximadamente 4.000 km³/ano.

A necessidade humana de água é de aproximadamente 3 litros por dia, obtidos na forma de água e na alimentação que são necessários para atuar como solvente e para o funcionamento do organismo humano. Barros (2008) ressalta que são consumidos por ano quase 4.000 km³ de água doce, cerca de 1.700 litros por pessoa diariamente.

No Brasil a interação do nosso quadro climático com as condições geológicas geram importantes excedentes hídricos que alimentam uma das mais extensas e densas redes de rios perenes do mundo. Assim, o Brasil destaca-se no cenário mundial por sua grande descarga de água doce de rios, com produção hídrica de 177.900 m³.s⁻¹ e mais 73.100 m³.s⁻¹ da Amazônia Internacional, representam 53% da produção de água doce do continente sul americano.

Do total disponível no Brasil de cerca de 12% da água doce do planeta, 89% estão nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde encontram-se a menor taxa de população. Nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste, onde encontram-se 85,5% da população, há apenas 11% do potencial hídrico disponível no país (BARROS, 2008). Mesmo assim, segundo Rebouças (2006) o que mais falta não é água, mas sim um padrão cultural de combate ao desperdício e à degradação da qualidade da água disponível.

2.4- A ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Segundo a Portaria n° 518 de 2004 do Ministério da Saúde, água potável é a "água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e não ofereça riscos à saúde."

Os componentes encontrados na água que alteram o seu grau de pureza podem ser divididos por suas características físicas (sólidos e gases), químicas (orgânicos e inorgânicos) ou biológicas (matéria em decomposição e seres vivos). Os sólidos podem ser classificados por suas características físicas (sólidos em suspensão, coloidais e dissolvidos) e por suas características químicas (sólidos orgânicos e inorgânicos). Os organismos presentes na água são classificados, principalmente, pelos seus reinos: Monera e Protistas. São as algas, protozoários, fungos, archaea, bactérias e cianobactérias (SPERLING, 2005). Os padrões de aceitação de substâncias e parâmetros

Tabela 01: Padrão de aceitação para consumo humano.

PARÂMETRO	Unidade	VMP⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	mg/L	1,5
Cloreto	mg/L	250
Cor Aparente	uH ⁽²⁾	15
Dureza	mg/L	500
Etilbenzeno	mg/L	0,2
Ferro	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12
Odor	-	Não objetável ⁽³⁾
Gosto	-	Não objetável ⁽³⁾
Sódio	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	1.000
Sulfato	mg/L	250
Sulfeto de Hidrogênio	mg/L	0,05
Surfactantes	mg/L	0,5
Tolueno	mg/L	0,17
Turbidez	UT ⁽⁴⁾	5
Zinco	mg/L	5
Xileno	mg/L	0,3

para consumo humano, de acordo com o Ministério da Saúde, são apresentados na Tabela 1.

Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 518 de 24 de março de 2004

NOTAS:

- (1) Valor máximo permitido.
- (2) Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).
- (3) critério de referência
- (4) Unidade de turbidez.

2.5- PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água é uma substância insípida, incolor, inodora e transparente. Entretanto, nunca é encontrada em estado de absoluta pureza, a própria natureza e a composição do solo determinam impurezas adicionais à água que, juntamente com a expansão demográfica, atividades industriais e agrícolas fazem com que não se possa considerar segura, nenhuma fonte de água superficial (RICHTER e NETTO, 1991).

A qualidade da água é um aspecto que assegura determinado uso ou conjunto de usos. É representada por características, geralmente mensuráveis, de natureza física, química e biológica. Essas características que são critérios ou recomendações de qualidade, mantidas dentro de certos limites, possibilitam determinado uso (DERISIO, 2000). Essas características são os chamados padrões de qualidade. Segundo Almeida (2009), os padrões de qualidade da água referem-se a um “certo número de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microrganismos que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética e de sua salubridade.” Os principais parâmetros analisados na verificação da qualidade da água, são divididos em físicos, químicos e biológicos.

2.5.1- Parâmetros Físico-Químicos

De acordo com a FUNASA (2006) a cor é proveniente da matéria orgânica como substâncias húmicas e taninos, por resíduos industriais coloridos e por metais como ferro e manganês. A cor não apresenta riscos à saúde, porém é esteticamente indesejável. Já a turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água que fica com aparência turva, pode reduzir a penetração da luz e prejudicar a fotossíntese. Os principais responsáveis pela turbidez são os sólidos em suspensão que podem ser oriundos de rochas, argila, silte, algas e microrganismos, estes por sua vez, oriundos de despejos domésticos, industriais e erosão. Os sólidos de origem natural não apresentam riscos potenciais diretos, porém podem abrigar microrganismos patogênicos, os de origem antropogênica podem estar associados a compostos tóxicos e organismos patogênicos.

O sabor e odor são considerados em conjunto, visto que geralmente a sensação de sabor origina-se do odor. Segundo Richter e Netto (1991), são difíceis de serem avaliadas por serem sensações subjetivas, causadas por impurezas orgânicas como fenóis e clorofenóis, resíduos industriais, gases dissolvidos, sólidos totais em concentração elevada, entre outros.

A temperatura da água é importante porque pode influenciar outras propriedades acelerando reações químicas, reduzindo a solubilidade dos gases, acentuando a sensação

de sabor e odor, etc (RICHTER e NETTO, 1991). Está relacionada com o aumento do consumo de água, solubilidade e ionização de substâncias coagulantes, fluoretação, mudanças de pH, entre outros (FUNASA, 2006).

A recarga hídrica também tem forte influência na qualidade da água e é dependente dos períodos chuvosos concentrados no início de cada ano na região de Marabá. Desta forma, o processo de alteração da qualidade da água, em termos físico-químicos, é mais intenso de outubro a março (período de chuvas), ao passo que as mudanças biológicas são mais expressivas nos meses posteriores (abril a setembro - período de estiagem). As alterações físicas e químicas citadas são, na realidade, consequências do arraste de substâncias químicas e materiais particulados das margens para dentro do corpo hídrico por meio do escoamento superficial provocado pelas chuvas. Já as mudanças biológicas são consequência do aumento da incidência de luz e da disponibilidade de nutrientes.

O pH, ou potencial hidrogeniônico, representa a concentração de íons de hidrogênio H⁺, dando a indicação de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. É alterado por sólidos e gases dissolvidos provenientes de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, despejos domésticos ou despejos industriais. Valores de pH muito alto ou baixos, podem causar irritação na pele ou nos olhos, porém não tem implicação de riscos à saúde pública (SPERLING, 2005).

2.5.2- Parâmetros Biológicos

Existem três grupos de microrganismos que podem transmitir doenças pela água: vírus, bactérias e protozoários. A água para ser potável não deve conter nenhum microrganismo patogênico e principalmente estar livre de bactérias que indicam contaminação fecal. Essas bactérias são as do grupo coliforme que estão presentes nas fezes de animais e seres humanos, e indicam um tratamento inadequado ou ineficiente. As bactérias do grupo coliformes podem ser classificadas em: *Escherichia aerobacter* e a *Escherichia coli* (*E. coli*) ou coli fecal, que é a mais importante por ser de origem unicamente fecal (OLIVEIRA, 2009).

A Portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinadas para a aferição da potabilidade da água, a presença de coliformes totais e termotolerantes, principalmente a *E.coli* e bactérias heterotróficas.

2.6- TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DA ÁGUA

O tratamento da água normalmente é feito com finalidades higiênicas, estéticas e econômicas. Higiênicas no sentido de eliminar microrganismos, substâncias nocivas, impurezas, entre outros. A finalidade estética diz respeito à correção da cor, sabor e odor e, as finalidades econômicas são principalmente para redução da corrosividade das tubulações de distribuição (OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Carvalho (2005), as águas podem apresentar uma grande quantidade de impurezas suspensas, entre elas as partículas coloidais, substâncias orgânicas e inorgânicas e substâncias húmicas. Dependendo de suas características físico-químicas, estas substâncias podem ter carga superficial negativa ou positiva, fazendo com que a repulsão eletrostática não permita que elas se aproximem ficando em suspensão e aumentando a turbidez e cor da água. Para clarificar essa água utiliza-se o processo de coagulação e sedimentação, que está inserido no tratamento convencional, juntamente com a purificação.

Assim, segundo Freitas (2001) os principais processos de purificação da água são a aeração que pode ser feita por gravidade, aspersão, difusão de ar e aeração forçada e tem por objetivo eliminar os gases dissolvidos em excesso. Posteriormente a clarificação que é um conjunto de operações destinadas à remoção dos sólidos com a finalidade de facilitar o processo de desinfecção. É constituída de:

Coagulação: etapa onde é realizada a desestabilização de colóides com a adição de um coagulante. Os principais coagulantes utilizados podem ser orgânicos ou inorgânicos, os mais utilizados são o sulfato de alumínio, cloreto de alumínio, aluminato de sódio, clorosulfato de alumínio, policloreto básico de alumínio, cloreto férrico e sulfato férrico (CARVALHO, 2005). Nesta etapa o agente químico altera a carga negativa das partículas possibilitando sua aproximação;

Floculação: formação de flocos com a introdução de energia na água capaz de favorecer o contato entre os colóides permitindo sua aglutinação. É resultado de um processo de agitação contínua e leve para facilitar as etapas posteriores de tratamento;

Sedimentação: separação dos sólidos da água pela ação da gravidade. Quanto maior a velocidade de sedimentação, menor é o tempo necessário para a clarificação, mas muitas vezes só os coagulantes não formam flocos suficientemente densos, necessitando então da adição de auxiliares de floculação como os polieletrólitos (RAMOS, 2005);

d) Filtração: é a passagem da água por um filtro através do qual ocorre a separação das partículas presentes na água (OLIVEIRA, 2009).

O processo de tratamento de água é complementado pela utilização de produtos químicos que visam alterar algumas características da água, otimizando as etapas do tratamento ou melhorando o produto final (BARROS *et al.*, 1995). A Tabela 2 mostra os principais produtos utilizados e suas aplicações.

Tabela 2. Principais Produtos Químicos Utilizados no Tratamento da Água.

Aplicação	Produtos Utilizados
Remoção de partículas em suspensão	Sulfato de alumínio; Sulfato ferroso; Sulfato férrico; Cloreto férrico, Aluminato de Sódio e Policloreto de Alumínio.
Ajuste do pH	Cal hidratada; Carbonato de cálcio; Carbonato de Sódio; Hidróxido de Sódio; Gás carbônico; Ácido clorídrico e Ácido sulfúrico.
Controle da Corrosão	Cal hidratada; Carbonato de sódio; Hidróxido de sódio e Polifosfato de sódio.
Redução da Cárie dentária infantil/fluoretação	Fluorsilicato de sódio; Fluoreto de sódio; Ácido fluossilícico e Fluoreto de cálcio (fluorita).
Remoção ou Controle do desenvolvimento de microorganismos/desinfecção	Cloro gasoso; Hipoclorito de sódio; Hipoclorito de cálcio; Amônia hidratada; Hidróxido de amônia; Sulfato de amônia e Ozônio.

Fonte: Barros *et al.*, 1995.

No tratamento d'água, o termo coagulação é usado para indicar a adição de substâncias químicas solúveis que têm a propriedade de reagirem entre si e com outras substâncias dissolvidas na água a ser tratada, resultando a formação de flocos gelatinosos, que absorvem as partículas em suspensão que, devido a densidade dos flocos, precipitam em tempo relativamente rápido.

Estas substâncias químicas que promovem a coagulação chamadas coagulantes geralmente, são sais de alumínio e ferro. Em boa parte das estações de tratamento de água e melhorias para tratamento de maiores vazões, vem sendo utilizados polímeros sintetizados como a poliacrilamida.(VIANNA, 1997).

Os coagulantes são produtos naturais ou químicos que tem como função principal neutralizar as cargas negativas das partículas em suspensão, possibilitando assim uma aglomeração dessas partículas, formando os chamados flóculos. Os coagulantes mais comuns são o Sulfato de Alumínio, Sulfato Ferroso, Sulfato Férrico, Cloreto Férrico, Sulfato Ferroso Clorado, Aluminato de Sódio e o Policloreto de Alumínio (PAC). Os sais de alumínio são os coagulantes mais utilizados nas ETAs.

O Policloreto de Alumínio possui forte poder de coagulação, com a formação rápida dos flocos: a ação coagulante do PAC (Policloreto de Alumínio) é muito boa, fazendo com que os flocos se formem mais rapidamente e em tamanhos maiores e uniformes. Em consequência do maior tamanho de floco formado tem-se uma maior velocidade de decantação.

O Policloreto de Alumínio é facilmente manuseado, estocado e dosado. A solução pode ser diluída em água na concentração desejada, e esta operação pode também ser automatizada. Menores reservatórios de estocagem são usados com o PAC, pois requer uma menor dosagem.

Com o uso do Policloreto há pouco ou nenhum consumo de alcalis para correção de pH em comparação com outros coagulantes, isso porque o pH da água permanece praticamente sem alteração, mesmo na possível situação de superdosagem de PAC.

Coagulantes Orgânicos (polímeros) podem ser utilizados como auxiliares de floculação comportando-se como um aditivo. Um exemplo de coagulante auxiliar utilizado com frequência é a Poliacrilamida catiônica. A função do polímero orgânico é aumentar a eficiência do coagulante e reduzir a sua dosagem. Tem-se verificado também, em muitos lugares, a utilização de plantas como coagulantes orgânicos naturais auxiliares, os quais ajudam no processo de tratamento de águas com alta turbidez ou coloridas que se destinam ao consumo humano, entre elas, a Mutamba, a Moringa e a Acácia Negra. A obtenção de polímeros adequados para uso em tratamento de água e esgoto necessita de características como: solubilidade em água, propriedades eletrolíticas e peso molecular adequado.

2.6.1- Policloreto de Alumínio (PAC)

O Policloreto de Alumínio (PAC) foi lançado recentemente no mercado e é um coagulante inorgânico, catiônico e pré-polimerizado. Esse coagulante possui cadeias de polímeros pré-formadas, exibindo uma alta concentração de carga catiônica na unidade polimérica. A velocidade de formação dos flocos é superior aos coagulantes tradicionais, não pré-polimerizados, garantindo aos flocos maior peso e conseqüente precipitação mais rápida e eficiente (CARDOSO, 2006).

Ele é geralmente formulado como: $Al_n(OH)_m Cl_{3-n-m}$, combinado com pequenas quantidades de outros compostos. A relação $m/3n$ representa a basicidade deste produto, e devido a esta característica o PAC libera durante a hidrólise, em igualdade de dosagem em íons metálicos, uma quantidade de ácido consideravelmente menor do que a liberada pelo Cloreto de Alumínio e pelos coagulantes tradicionais como o Sulfato de Alumínio, Cloreto Férrico e Sulfato Ferroso. Isso provoca uma menor variação do pH do meio tratado e um menor consumo de neutralizante para ajustar o pH do meio tratado ao seu valor original.

2.6.2- Polímero

O polímero de poliacrilamida é orgânico, também chamado de polieletrólito, esses polímeros são essencialmente lineares e solúveis em água com pesos moleculares que variam de algumas centenas de milhares a dez milhões ou mais. São caracterizados pela carga elétrica positiva (catiônica) que irá se ligar a cargas negativas como o silicone ou substâncias orgânicas. Os polímeros sintéticos são os polímeros de uso mais comuns e os polieletrólitos são os mais utilizados em sistemas de água e tratamento de águas residuais. Os polímeros estão disponíveis na forma de pós, líquidos e emulsões.

A poliacrilamida catiônica é usada como aditivo a floculação e faz a ponte de floculação das partículas em suspensão. É usado na purificação de águas mananciais e combinado com agentes floculantes inorgânicos proporcionará um efeito melhor na redução de custos na disposição do lodo (lodo mais compacto), menor tempo de decantação, menor custo com floculante e atua em ampla faixa de pH.

3- METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na Estação de Tratamento de Água (ETA) - Nova Marabá, operada pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA).

Na Figura 1 é indicada a localização da ETA - Nova Marabá na Região de Marabá.



Figura 01: Localização ETA-Nova Marabá-Vista Aérea; Fonte: Google;

A ETA - Nova Marabá é constituída de unidades de captação, coagulação, floculação, filtração e desinfecção.

A pesquisa foi desenvolvida em duas etapas, conforme tabela 03:

Tabela 03: Etapas de realização da pesquisa;

ETAPAS	PESQUISA REALIZADA
Etapa 01	Caracterização da água através de ensaios físicos;
Etapa 02	Aplicação de Jar-Test utilizando Policloreto de Alumínio e Polímero Catiônico;

3.1- ETAPA 01- REALIZAÇÃO DOS TESTES FÍSICOS EM LABORATÓRIO

Na Etapa 01 foram coletadas amostras de água bruta no período da tarde e respeitando as variações de turbidez do Rio Tocantins para os meses de abril e maio, que de acordo com análises de dados da estação ficam em torno de 18UT a 23UT. A água foi coletada o suficiente para encher os seis Beckers, 2L cada um, necessários para o Jar-Test utilizando o policloreto de alumínio e mais seis Beckers para o policloreto de alumínio e a poliacrilamida catiônica.

Na Tabela 4 são relacionadas as determinações laboratoriais realizadas e os equipamentos utilizados na pesquisa.

Tabela 4 – Métodos e equipamentos por determinação utilizados em laboratório;

Determinação	Equipamento utilizado
Turbidez	Turbidímetro
Cor Aparente	Água Tester
pH	pH-metro Quimis

3.1.1- Procedimentos para Análise de Cor

3.1.1.1 Aparelhagem

- Água Tester
- Disco de cor
- Duas cubetas

A figura 02 mostra o aparelho Água Tester:



Figura 02: Aparelho Água Tester;

3.1.1.2 Procedimentos

- Encher uma cubeta com água destilada, não permitindo a formação de bolhas de ar e introduzi-lo ao lado esquerdo do aparelho;
- Colocar a amostra de água na outra cubeta, sem deixar bolha de ar e adaptá-la do lado direito do aparelho;
- Com a lâmpada ligada, olhar no visor a uma distância de 25 cm aproximadamente;
- Girar o disco até coincidência de intensidade de cor.

3.1.1.3 Leitura

- Houve coincidência de cor: a cor é lida diretamente em uH (unidade Hanzen mg Pt/L).

- Cor compreendida entre duas cores: a cor lida pela media aritmética em mg/Pt/L.
- Cor mais intensa que a de maior leitura do disco: faz-se a diluição em partes iguais (amostra + água destilada) e procede-se nova determinação cujo resultado é multiplicado por 2 (dois).

3.1.2 Procedimentos para análise de turbidez

3.1.2.1 Aparelhagem

-Turbidímetro (a figura 03 mostra o turbidímetro)



Figura 03: Turbidímetro;

3.1.2.2 Procedimentos e Leitura

- Lavar a cubeta, enxaguar com água corrente e em seguida com água destilada ou deionizada;
- Preencher a cubeta até a marca do menisco com a água a ser analisada;
- Secar a parte externa da cubeta com papel absorvente e levar ao compartimento de leitura;
- Efetuar a leitura no visor do aparelho (a leitura é automática);
- Anotar a leitura.

3.1.3 Procedimentos para análise de pH

3.1.3.1 Aparelhagem

- Aparelho digital com eletrodo para pH.
- Solução tampão pH 4,0, pH 7,0 e pH 9,0
- Botão para ajuste de temperatura
- Botão para ajuste de pH
- 02 Becker de 50 mL

A figura 04 mostra um aparelho digital com eletrodo para pH.



Figura 04: Aparelho digital com eletrodo para pH.

3.1.3.2 Procedimentos e Leitura

- Coloca-se em um Becker 30 mL da solução tampão pH 4,0, ajuste o pH nessa faixa;
- Mergulhe o eletrodo na solução e ajuste o pH;
- Coloca-se em um becker 30 mL da solução tampão pH 7,0, ajuste o pH nessa faixa;

- Lavar o Becker com água destilada e coloca-se a solução tampão pH 9,0, ajuste o pH nessa faixa;
- Repetir até que ocorra a calibração;
- Lavar o becker com água corrente e em seguida com água destilada.
- Coloca-se a amostra de água e efetua-se a leitura;
- Anotar o resultado.

OBS: As soluções tampão são reaproveitadas, não há necessidade de descartá-las, tomando somente o cuidado de lavar o eletrodo a cada ajuste enxugando com papel absorvente para não diluir as soluções tampão.

3.2- ETAPA 02- APLICAÇÃO DE JAR-TEST UTILIZANDO POLICLORETO DE ALUMÍNIO E POLIACRILAMIDA CATIÔNICA

O teste de jarro é realizado para se conhecer a quantidade de “solução” a ser aplicada na água para se obter uma floculação ideal. A “dosagem ótima” de solução será a usada no jarro que produzir os melhores flocos e fornecer o melhor sobrenadante.

3.2.1- Preparo de solução de Coagulante (PAC) para Jar-Test;

Retirar 1,5mL de PAC concentrado com uma pipeta e colocar em um balão volumétrico de 500mL. Completar até a marca do menisco com água destilada. A solução terá 4mg/mL.

3.2.2- Preparo de Solução de Aditivo (Polímero) para Jar-Test;

Retirar 1,0ml de polímero concentrado, diluir em um bécker com água destilada e colocar a mistura em um balão volumétrico de 1000mL. Agitar a solução antes de completá-la com água destilada até o menisco. A solução terá 0,1mg/mL.

A figura 05 mostra os balões volumétricos com as soluções já preparadas.



Figura 05: Soluções para Jar-Test;

3.2.3 Aparelhagem

Aparelho de Jar-test

Turbidímetro

Aparelho de cor Água-test

Aparelho de bancada para leitura de pH.

A figura 06 ilustra o aparelho para o teste de Jarro.



Figura 06: Aparelho para Jar-Test

3.2.4.Procedimentos e Leitura

- Colocar 6 beakers de 2 litros na plataforma do aparelho de jar-test;
- Enchê-los com água bruta até a marca de 2 litros;
- Ligar o aparelho na velocidade máxima de 105 rpm;
- Adicionar simultaneamente nos beakers a quantidade de coagulante (pac) já pré-determinado;
- Deixar agitar, nesta velocidade de 105 rpm, por 2 minutos;
- Reduzir a velocidade de agitação para 15 rpm durante 10 minutos (aproximadamente o tempo de detenção nos flocladores);
- Depois destes 10 minutos, adicionar simultaneamente nos beakers a quantidade de polímero pré-determinada e deixar mais 10 minutos na agitação de 15 rpm;
- Depois de 10 minutos da adição do polímero, desliga o jar-test e deixa as amostras decantarem por 5 minutos;
- Retirar o possível acúmulo de flóculos nas mangueiras de coleta;
- Coletar o sobrenadante de todos os beakers (aproximadamente 100 ml) e analisar cor e turbidez, e verificar qual deles apresentou melhor resultado;
- Normalmente o melhor resultado é daquele que apresentou maior redução de cor e turbidez e essa dosagem deverá ser a escolhida.

4- RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 5 mostra a média mensal dos testes de turbidez e cor da ETA-Nova Marabá. Estes testes foram analisados em laboratório da própria estação e são referentes ao período chuvoso (outubro a março).

Tabela 05 - Qualidade da água bruta e da água tratada (média mensal) verificada em 6 meses.

PERÍODO (MESES)	TURBIDEZ DA ÁGUA BRUTA(UT)	COR	TURBIDEZ DA ÁGUA TRATADA(UT)	COR
OUTUBRO	40,26	100	9,62	60
NOVEMBRO	37,94	100	6,27	40
DEZEMBRO	30,59	100	14,67	80
JANEIRO	29,45	100	11,63	80
FEVEREIRO	30,22	100	12,22	80
MARÇO	26,98	100	13,49	80

A partir da tabela 5 notou-se que os parâmetros turbidez e cor da água bruta não sofreram variações significativas durante esse período, sendo possível prevê-las e aplicar o tratamento necessário. Verificou-se também que mesmo após o tratamento com o Policloreto de Alumínio, coagulante poderoso no tratamento de água, a água não atingiu as exigências da Portaria 518/04. A partir daí surgiu a necessidade de explorar um novo método para clarificação da água. O polímero mostrou-se como uma alternativa de aditivo, pois possui a capacidade de potencializar os resultados do coagulante.

O polímero começou a ser utilizado no mês de abril e a partir daí notou-se uma mudança significativa nos parâmetros de controle da água.

Tabela 06: Qualidade da água bruta e da água tratada (média mensal) em Abril e Maio;

PERÍODO (MESES)	TURBIDEZ (UT) DA ÁGUA BRUTA	COR (uH)	TURBIDEZ (UT) DA ÁGUA TRATADA	COR (uH)
ABRIL	20.22	100	1.90	10
MAIO	18.62	80	2.89	10

O Gráfico a seguir nos mostra um comparativo da turbidez da água tratada nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2009; e janeiro, fevereiro, março e abril de 2010.

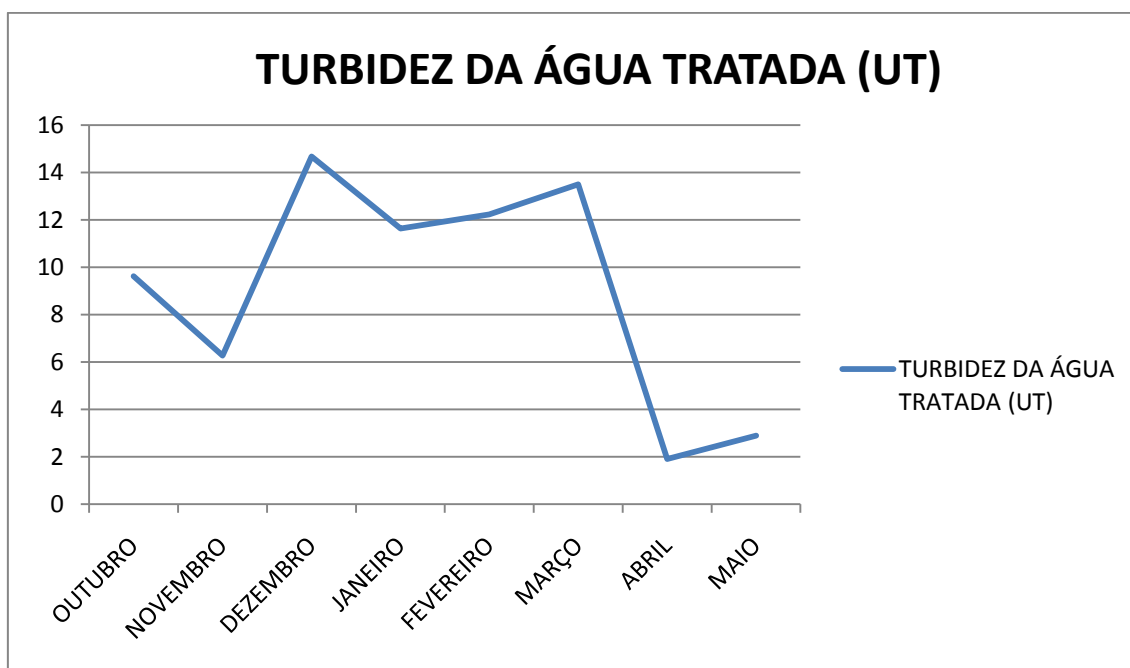


Figura 7: Gráfico comparativo de turbidez da água tratada dos meses de Outubro/2009 a Abril/2010.

Para chegar a esses resultados os testes foram realizados no período da tarde. Foram escolhidos os valores mais frequentes da turbidez para o período de abril para exemplificar os testes. Os valores utilizados foram de 22,19 UT; 20.35 UT e 19.07 UT.

As Tabelas 07 e 08 mostram os resultados obtidos de dosagem ótima para a turbidez de 22,19 UT (Unidade de Turbidez). Utilizando no experimento apenas o Policloreto de Alumínio, que resultou em um valor ótimo de 10ppm com uma remoção de turbidez de 80% e da cor em torno de 82%.

Tabela 07: Jar-Test para turbidez 22.19 UT utilizando somente Policloreto de Alumínio.

ÁGUA BRUTA				
Cor: 80			Turbidez: 22,19UT	
ÁGUA TRATADA				
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(mL)
01	20	6.71	18	9
02	20	6.43	16	8
03	15	4.66	14	7
04	15	4.63	12	6
05	15	4.56	10	5
06	30	6.39	8	4

A tabela 8 ilustra o procedimento onde foi utilizado para o teste o policloreto de alumínio e poliacrilamida catiônica(15%). O valor ótimo foi de 12ppm com remoção de turbidez de 93% e a cor em torno de 88%.

Tabela 08: Jar-Test para turbidez 22.19UT utilizando Policloreto de alumínio e o polímero catiônico;

ÁGUA BRUTA					
Cor: 80			Turbidez: 22,19UT		
ÁGUA TRATADA					
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(ml)	Dosagem polímero (ml)
01	10	1.86	18	9	1,8
02	10	2.10	16	8	1,8
03	10	1.56	14	7	1,8
04	10	1.46	12	6	1,8
05	10	1.93	10	5	1,8
06	15	3.10	8	4	1,8

Nas tabelas 9 e 10 observou-se valores do Jar-test para uma turbidez da água bruta com 20.35UT. Na tabela 08 utilizou-se apenas O Policloreto de Alumínio. O valor ideal foi de 12ppm com uma remoção de turbidez e da cor em torno de 88%.

Tabela 9: Jar-Test para turbidez 20.35UT utilizando Policloreto de Alumínio;

ÁGUA BRUTA				
Cor: 80			Turbidez: 20,35UT	
ÁGUA TRATADA				
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(ml)
01	60	14.19	18	9
02	20	5.13	16	8
03	10	2.86	14	7
04	10	2.55	12	6
05	10	3.37	10	5
06	10	3.58	8	4

No experimento utilizando o Policloreto de alumínio e o polímero, com 15%, o valor ótimo foi de 10ppm com remoção de turbidez de 93% e a cor em torno de 88%, conforme tabela 10.

Tabela 10: Jar-Test para turbidez 20.35UT utilizando Policloreto de alumínio e a poliacrilamida catiônica;

ÁGUA BRUTA					
Cor: 80			Turbidez: 20,35UT		
ÁGUA TRATADA					
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(ml)	Dosagem polímero (ml)
01	30	5.18	18	9	1,8
02	15	2.65	16	8	1,8
03	10	2.13	14	7	1,8
04	10	1.89	12	6	1,8
05	10	1.54	10	5	1,8
06	10	1.59	8	4	1,8

Nas tabelas 11 e 12 observou-se os valores do Jar-test para uma turbidez da água bruta em 19.07UT. Na tabela 11 utilizou-se apenas o Policloreto de alumínio. O valor ideal foi de 10ppm com uma remoção de turbidez e da cor em torno de 88%.

Tabela 11: Jar-Test para turbidez 19.07UT utilizando Policloreto de alumínio;

ÁGUA BRUTA				
Cor: 80			Turbidez: 19,07UT	
ÁGUA TRATADA				
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(mL)
01	20	4.38	16	8
02	15	3.99	14	7
03	20	5.09	12	6
04	10	2.30	10	5
05	15	3.42	8	4

No experimento utilizando o Policloreto de Alumínio e o polímero catiônico, com 15%, o valor ótimo foi de 10ppm com remoção de turbidez de 93% e a cor em torno de 88%, conforme Tabela 12.

Tabela 12: Jar-Test para turbidez 19.07UT utilizando Policloreto de Alumínio e polímero;

ÁGUA BRUTA					
Cor: 80			Turbidez: 19,07UT		
ÁGUA TRATADA					
Amostra	Cor	Turbidez(UT)	DosagemPAC(ppm)	DosagemPAC(mL)	Dosagem polímero (ml)
01	20	3.74	16	8	1.8
02	10	1.66	14	7	1.8
03	10	1.53	12	6	1.8
04	10	1.28	10	5	1.8
05	10	1.59	8	4	1.8

Tendo em vista que o objetivo do estudo era a clarificação da água, o parâmetro mais importante a ser observado é a turbidez. Os valores de turbidez foram medidos no momento da preparação das amostras, na água *in natura* e na água contendo as concentrações do coagulante e de coagulante-aditivo. O gráfico abaixo nos mostra os resultados obtidos através deste processo.

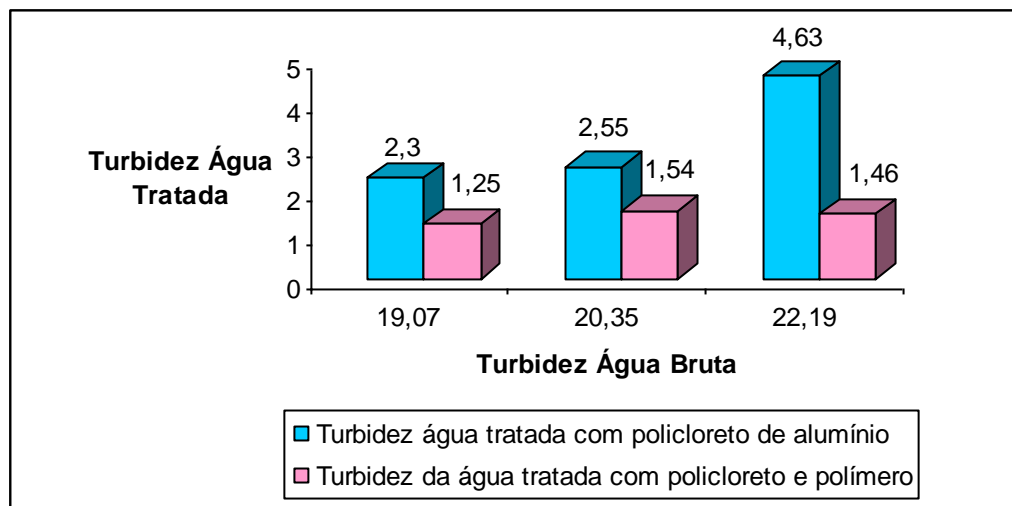


Figura 8: Comparação da turbidez da água tratada com policloreto de alumínio e com policloreto de alumínio em conjunto com o polímero.

Observando a Figura 8, o gráfico nos mostra os excelentes resultados obtidos à partir da utilização do aditivo no tratamento da água. A turbidez em todos os casos sofreu uma diminuição significativa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o desenvolvimento do trabalho foi possível observar que os parâmetros analisados nas amostras apresentaram valores que justificam o uso do aditivo no processo de coagulação para se obter uma água de boa qualidade para o abastecimento de uma comunidade. No entanto, apesar de constar na literatura que o aditivo (Poliacrilamida Catiônica) tem como uma de suas principais funções baixarem o consumo de produto químico, os testes mostraram que a qualidade melhorou, mas a quantidade de coagulante permaneceu praticamente a mesma. Porém como não houve aumento de consumo do produto químico, o estudo se mostrou válido por conseguir baixar o valor de turbidez da água aumentando assim sua qualidade.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir do trabalho realizado observou-se que polímeros catiônicos e não-iônicos podem ser usados conjuntamente para formar um fluxo adequado, o primeiro sendo coagulante primário e o segundo auxiliar de coagulação. Apesar de diversos avanços neste campo, testes devem ser realizados para obtenção de uma melhor eficiência no tratamento da água. Ficam abaixo relacionadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

- 1) Comparação entre a eficiência de um polímero catiônico e um polímero aniônico para a Estação de Tratamento de Água da Nova Marabá.
- 2) Aplicação de experimentos com polímero orgânico natural para possível melhoria da clarificação da água.
- 3) Caracterização da lama dos decantadores e estudo sobre possível incorporação da mesma na indústria cerâmica.

7-REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rubyane Brito Rodrigues De. **Clarificação de Água utilizando sementes da planta Moringa**. Graduação em Engenharia Ambiental. Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu – 2009.

BARROS, Jorge Gomes do Cravo. **Gestão Integrada dos Recursos Hídricos – implementação do uso das águas subterrâneas**. Brasília: MMA/SRH/OEA, p.171, 2000.

BARROS, Jorge Gomes do Cravo; Origem, Distribuição e Preservação da Água no Planeta Terra. **Revista das Águas/GT Águas**, novembro/2008.

CARDOSO, Patrícia Regina da Silva. **Informações sobre o Policloreto de Alumínio**. Resposta Técnica produzida pelo Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas/SBRT06 de junho 2006. Disponível em < <http://.sbrt.ibict.br>> Acesso realizado em 10/08/2010.

CARVALHO, Renalda Monteiro. **Clarificação de Águas Pluviais Ricas em Óxidos de Ferro Acumuladas em Cava de Mineração Através da Utilização de um Coagulante Natural, a Moringa oleifera**. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, 2005.

CLARKE, Robin; KING, Jannet. **O Atlas da Água: O Mapeamento Completo do Recurso mais Precioso do Planeta**. São Paulo: Publifolha, 2005.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Signus Editora, 2000.

FREITAS, Marcelo B. Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Controle Ambiental: **Tratamento de Água para Consumo Humano**. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 2001.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE – FUNASA. **Manual Prático de Análise de Água**. 2. Ed. rev. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2006.

OLIVEIRA, Eduardo L. **Abastecimento e Tratamento de Água**. Disponível em: <<http://wwwp.feb.unesp.br/eduoliv/ProtAmb/TratAgua.pdf>> Acesso em: 10 agosto 2010.

RAMOS, Renata Ottina. **Clarificação de Água com Turbidez Baixa e Cor Moderada Utilizando Sementes de *Moringa oleifera***. 2005. 276 f. Tese de Doutorado (Água e Solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RICHTER, Carlos A; NETTO, José M. de A. **Tratamento de Água: Tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª edição. Belo Horizonte: Editora DESA, 2005.

VIANNA M. R. **Hidráulica Aplicada às Estações de Tratamento de Água Imprimatur, Artes Ltda**, Rio de Janeiro -1997.

YAMAMURA, Victor Docê; CONSTANTINO, Arcioni Ferrari. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 27 de agosto de 2009, Maringá. **Redução do Gasto Operacional em Estação de Tratamento de Água utilizando o PAC**.